STATISTISCHE NORMWERTE DER FUSIONS-BREITE BINOKULAR NORMALSICHTIGER

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

vorgelegt von

Jürgen Hett

Saarbrücken
1973

1974

Aus der Augenabteilung

des

Bundeswehrzentralkrankenhauses Koblenz

Ltd. Arzt : Prof. Dr. med. G. Andrée

STATISTISCHE NORMWERTE DER FUSIONS-BREITE BINOKULAR NORMALSICHTIGER

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der

Doktorwürde der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

1973

vorgelegt von

JÜRGEN HETT

geb.: 12.9.1941

in Oberhausen

Dekan: Prof. Dr. med. G.A.Jutzler

Referent: Prof. Dr. med. G. Andrée

Datum der mündlichen Prüfung: 22.2.1974

.....

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Zu den Voraussetzungen für die Diagnose und Therapie von Störungen des Binokularsehens gehört neben einer genauen Kenntnis der Anomalien auch die Kenntnis der Normwerte des Binokularsehens, welche bei der Untersuchung Augengesunder gewonnen werden. Über die Normwerte der Fusionsbreite ist jedoch kaum etwas bekannt.

Nachdem DONDERS 1848 beschrieben hatte, dass ein dem Auge vorgesetztes Prisma einen Bildzerfall hervorruft und es innerhalb gewisser Grenzen durch entsprechend ausgleichende gegensinnige Augenbewegungen möglich war, die Doppelbilder zu beseitigen und eine Verschmelzung beider Einzelbilder zu erreichen, wurde dieses deskriptiv als " Fusion " bezeichnete Phänomen in der Folge ausführlich untersucht.

Die meisten dieser Untersuchungen bemühen sich um eine Klärung der der Fusion zugrunde liegenden übergeordneten Faktoren. Die Schwierigkeiten der näheren Analyse bestehen hauptsächlich darin, dass sowohl autonome Vorgänge (optischer Reflex) als auch subjektive Faktoren (Aufmerksamkeit, Übung) beteiligt sind. Es handelt sich also wohl erstens um einen sog. psycho- optischen Reflex im Sinne HOFMANS (1903). Unsere Kenntnis dieser Vorgänge ist auch heute noch recht lückenhaft.

Selbst die Frage der Existenz eines Fusionszentrums scheint noch nicht geklärt. Während JAENSCH (1945, 1954) immer wieder auf die Existenz eines solchen Zentrums im ZNS hinweisst - auf dessen Schädigung führt er u.a. Fusionsstörungen nach einer Contusio cerebri zurück - steht die Mehrzahl anderer Autoren dieser Ansicht skeptisch gegenüber. Sie glauben, dass die Fusion als Resultierende aus allen am Sehakt beteiligten Funktionen anzusehen sei (HAMBURGER, 1960) und dass die mangelhafte physio-

logische Entwicklung gewisser koordinierender Bahnen im Gehirn (z.B. manifeste Deviation beim Strabismus) und nicht ein angeborener Fehler des hypothetischen Fusionszentrums für Fusionsstörungen verantwortlich sei.
(LYLE u. BRIDGEMAN,1959, LYLE u. JACKSON,1957)

Bereits A.v.GRAEFE beschäftigte sich mit der Fusionsbreite. In Veröffentlichungen 1858 und 1862 gibt er an, Prismen mit einer adduzierenden Wirkung von + 3o° und einer abduzierenden von bis zu - 6° überwinden zu können. Während diese Werte für die Ferne gelten, nahm A.GRAEFE 188o und 1891 vergleichende Untersuchungen für Ferne und Nähe vor. Als Fusionsobjekt benutzte er in der Ferne(5m) eine weisse Scheibe von 12 cm Durchmesser, in der Nähe (5ocm) eine solche von 2 cm Durchmesser. In die Divergenz erreichte er Werte bis - 5°(Ferne) und - 8°(Nähe) in die Konvergenz + 3o-4o°(Ferne) und + 3o°(Nähe). Außer diesen in Selbstversuchen ermittelten Werten finden sich in der Literatur eine Reihe von sog. " Erfahrungswerten ",meist ohne nähere Angaben über die angewandte Prüfungsmethode. HELMHOLTZ, DONDERS, ROLLET geben für die Divergenz Werte bis - 8° an, BIELSCHOWSKI und HOFMANN - 4 - 5°, H. MEYER und HERING - 1o°.CORDS ermittelte Durchschnittswerte von - 8 bis - 16 prdpt (Divergenz) und + 28 bis + 36 prdpt(Konvergenz); für Geübte sei eine Fusionsbreite bis 1oo prdpt erreichbar.
Erste Untersuchungen an größeren Kollektiven wurden 1898 von BANISTER vorgenommen. Er fand bei 1oo Augengesunden mit Prismen im freien Raum im Mittelwert von - 6,88° bis + 14,1°.
Wesentlich neueren Datums sind die Arbeiten von SCOBEE(1948), der Messungen für die Ferne (2o feet) und Nähe (13 inches) miteinander vergleicht und Fusionsbreiten von - 5 bis + 18 prdpt für die Ferne

und - 13 bis + 28 prdpt für die Nähe angibt.
E.F. TAIT (1948) untersuchte bei 5oo augengesunden Personen die Fusionsbreite in der Ferne. Er gibt an, nur einige Versuchspersonen hätten Werte von - 2o bis - 24 prdpt erreicht, 1o % - 18 bis - 2o prdpt und 5o % - 12 bis - 14 prdpt. In adduzierender Richtung sei von einigen + 28 bis + 4o prdpt, von 1o % + 26 bis + 28 prdpt und vom Durchschnitt + 18 bis + 2o prdpt erreicht worden.
MELLIK (1949) gibt in einer Zusammenstellung der im anglo-amerikanischen Bereich veröffentlichten Untersuchungen über die Fusionsbreite für die Abduktion Durchschnittswerte von -6 bis - 8 prdpt an, für die Adduktion werden Werte von + 19 bis + 5o prdpt genannt. Lediglich die Autoren BERENS, LOSLEY und HARDY geben für die Adduktion mit + 16 prdpt sowie L.C. PETER mit + 15 bis + 18 prdpt wesentlich geringere Durchschnittswerte an.
In seinem eigenen Versuch an 561 augengesunden Personen aller Altersgruppen ermittelte MELLIK Werte von - 7,97 prdpt bis + 17,68 prdpt .Eine Altersabhängigkeit der Fusionsbreite konnte er nicht nachweisen.
Um Normwerte für die orthoptische Behandlung von Heterophorien zu gewinnen untersuchte G.H. JONKERS (196o) an 195 Testpersonen u.a. die horizontale Fusionsbreite auf 5 m, mit der Prismenleiste und dem Fixationslicht des Maddoxkreuzes. Er glaubt eine deutliche Altersabhängigkeit der Fusionsbreite nachweisen zu können, da die Altersgruppe der 18 bis 4o-jährigen Werte von - 8,3 bis + 2o,8 prdpt , die der 41-bis 5o-jährigen von - 4,o bis + 13,o prdpt,die der 51-bis 6o-jährigen von -4,o bis + 16,o prdpt und die der über 6o-jährigen von - 8,o bis + 17,o prdpt erreichen konnte.
DODEN und PROTONOTARIOS (196o) geben als durchschnittliche Fusionsbreite bei 1oo augengesunden Kindern die in Tab. 1 angegebenen Werte an. Die

Messung erfolgte mit der Prismenleiste und Lichtpunkt in 5 m Prüfdistanz.

Fusionsbreite nach innen (prdpt)	$\bar{x}$	s
Maximale Fus.	2o,31	7,73
1.Messung	17.98	6,81
2.Messung	18,85	8,52
3.Messung	18,95	6,88
Fusionsbreite nach außen		
Maximale Fus.	6,75	1,65
1.Messung	6,54	2,17
2.Messung	6,37	2,1o
3.Messung	6,37	1,94

Tab.1 Durchschnittl. Fusionsbreiten (DODEN u. P.)

Noch wesentlich höhere Werte im Plusbereich ermittelte K. ZICK (197o) bei ihren Untersuchungen zur horizontalen Fusionsbreite.

M E T H O D I K

Wir gingen von der Überlegung aus, daß zum binokularen Einfachsehen bei einer PD von 6o mm in 1 m Entfernung 6 prdpt, in 33 cm jedoch also 18 prdpt an Fusionsleistung aufgebracht werden müssen.
Diese Werte konnten wir bei unseren täglichen Untersuchungen sehr häufig nicht erreichen, ebensowenig die von DODEN und PROTONOTARIOS als Durchschnittswerte der horizontalen Fusionsbreite angegebenen Werte augengesunder Kinder.
Die Diskrepanz zwischen der nach obiger Berechnung zur Sicherung des binokularen Einfachsehens in der Nähe scheinbar unabdingbaren Fusionsbreite und der nach unserer Erfahrung wesentlich geringeren des augengesunden Normalen - welcher dennoch über keine einschlägigen Beschwerden klagt und auch normale Stereopsis besitzt - veranlasste uns statistische Untersuchungen über die normale Schwankungsbreite der horizontalen Fusionsbreite bei binokular normalsichtigen Erwachsenen an einem größeren Kollektiv anzustellen, nachdem wir in der Literatur nur wenige entsprechende Angaben fanden.

Zur Messung der Fusionsbreite (Fusionsreserve, Fusionsvergenzfähigkeit) als dem individuellen Vergenzspielraum in dem das binokulare Einfachsehen möglich bleibt, benutzt man im freien Raum üblicherweise Prismenleisten; für die apparative Untersuchung verwendet man den Synoptophor. An Stelle der Prismenleiste kann auch das HERSCHEL-Prisma verwendet werden.
Nach dem Vorschlag NAGELS(1904) gibt das stärkste zu überwindende Prisma mit der Basis nach außen die positive Fusionsbreite, das stärkste Prisma mit der Basis nach innen die negative Fusionsbreite an.Positive und negative Fusionsbreite ergeben zusammen die gesamte horizontale Fusionsbreite.
In der neueren Literatur wird die Fusionsbreite nicht mehr im Gradmaß sondern nur noch in Prismendioptrien (prdpt) angegeben. Als Fusionsobjekt wird im freien Raum meistens eine große Optotype oder das zentrale Licht des Maddoxkreuzes benutzt.

Für die eigenen Untersuchungen haben wir die handelsübliche Prismenleiste der Fa. R.O. GULDEN,ILLINOIS(USA) benutzt, welche Prismenwerte von 2 bis 45 Prismendioptrien aufweist. Für die Bestimmung der Fusionsbreite in die Divergenz ist die Prismenleiste ausreichend dimensioniert. In der Konvergenz waren die 45 Prismendioptrien nicht in allen Fällen ausreichend, so daß

einem Teil der Probanden noch zusätzlich Einzelprismen vor das andere Auge gehalten werden mußte. Auf diese Weise ließ sich die Fusionsbreite bei allen Versuchspersonen voll bestimmen.
Als Fusionsobjekt benutzten wir Optotypen eines durchleuchteten Sehprobenkastens in 5 m Entfernung, die unter einem Sehwinkel von 5o Winkelminuten erschienen (entsprechend einem Visuswert von 1o %), in einem tageslichterleuchteten Raum.
Im einzelnen wurde wie folgt vorgegangen:
Die Prismenleiste wurde exakt senkrecht vor ein Auge gehalten, um eine die Fusion erschwerende Höhenabweichung zu vermeiden. Nach der Aufforderung, die Optotype möglichst fest enzusehen, wurde die Prismenleiste in vertikaler Richtung um jeweils eine Prismenstufe verschoben.
Beide Messungen, sowohl mit abduzierenden (-) als auch mit adduzierenden (+) Prismen wurden von niedrigen nach höheren Prismenwerten fortschreitend durchgeführt und erfolgten mit optimaler Brillenkorrektur. Während der Messungen wurden beide Augen des Probanden sorgfältig auf Fusionsbewegungen hin beobachtet,um einen vom Probanden unbemerkten Bildzerfall mit Exclusion erkennen zu können.
Vorher wurde die Aufgabenstellung erläutert und die Versuchsperson aufgefordert die kurzzeitig auftretenden Doppelbilder mit der größtmöglichen Anstrengung zu verschmelzen, auch wenn farbige Verzeichnung und Bildunschärfe aufträten. Dabei wurde die Auflage gemacht, das Auftreten nicht mehr zu vereinigende Doppelbilder sofort anzugeben. Die Konvergenzfusionsmessung wurde zusätzlich noch in folgender Weise ergänzt:
Nach dem Auftreten nicht mehr zu vereinigender Doppelbilder wurde der Proband zur Fixation eines ihm vorgehaltenen Nahobjektes aufgefordert, dann wurde unter gleichzeitiger Entfernung des Nahobjektes in Richtung auf das Fusionsobjekt in der Ferne erneut zu dessen Fixation aufgefordert. Durch diese als Konvergenzhilfe gedachte Methode erreichten wir in den meisten Fällen eine höhere Fusionsleistung nach (+). Die beiden Werte bezeichneten wir als Fusionsleistung nach (+) ohne und mit Konvergenzhilfe. AC/A-Verhältnis und Bildgrößenänderung durch AC wurden nicht berücksichtigt.

Die Möglichkeit eine größere Anzahl binokular normaler Personen zu untersuchen, um Maßzahlen für die horizontale Fusionsbreite zu ermitteln, ergab sich von Anfang Juli bis Ende August 1971 anlässlich der zum Quartalsbeginn durchzuführenden Einstellungsuntersuchungen von Wehrpflichtigen in der Ambulanz der Augenabteilung des Bundeswehrzentralkrankenhauses in Koblenz. Dabei handelte es sich fast ausschließlich

um 18- bis 2o-jährige.
Um nicht nur die kleine Altersgruppe der Wehrpflichtigen, sondern auch ein Vergleichskollektiv aus anderen Altersgruppen mit zu erfassen, um evtl. bereits Anhaltspunkte für eine Altersabhängigkeit aufzudecken, wurden alle weiteren Patienten mit normalem Binokularbefund, die zur gleichen Zeit die Ambulanz durchliefen, in die Messungen mit einbezogen.
Die erfassten 17oo Probanden besaßen ein normales Binokularsehen (Pat.mit einem Mikrostrabismus wurden mit dem Prismentest nach NOORDEN eliminiert). Die Sehschärfe des schlechteren Auges betrug mehr als 3o %.
Zur Vervollständigung der Analyse der Ergebnisse haben wir für jeden Patienten noch eine Reihe weiterer Daten und Untersuchungsergebnisse mit aufgenommen, um evtl. statistisch signifikante Korrelationen der Analysedaten untereinander herausfinden zu können.

Außer dem Alter des Patienten wurde jeweils für das rechte und linke Auge die sphärische und cylindrische Korrektur und der Visus notiert,In allen Fällen, bei denen mit der vorhandenen Brillenkorrektur kein voller Visus erreicht wurde, wurde die subjektiv beste Refraktion ermittelt, in Zweifelsfällen bestimmten wir die objektive Refraktion mit dem Refraktometer.

Statistische Auswertung

Da es sich bei den Probanden hauptsächlich um 18- bis 2o-jährige handelte, und nur ein relativ kleines Vergleichskollektiv aus anderen Altersgruppen zur Verfügung stand, haben wir bei der Auswertung in 2 Altersgruppen unterteilt. Die erste Altersgruppe umfasst Versuchspersonen bis 24 Jahre, die zweite solche über 24 Jahre.Auf diese Weise erhofften wir eventuelle Altersabhängigkeiten der ermittelten Ergebnisse leichter feststellen zu können.
Die beiden Gruppen wurden einzeln ausgewertet, zusätzlich wurde noch eine Gesamtanalyse durchgeführt. Dabei ergaben sich folgende Altersmittelwerte:

Gruppe	Anzahl	$\bar{x}$ (Jahre)	s
1	1573	2o,35	1,34
2	127	34,99	9,45
3(Gesamt)	17oo	21,44	4,81

Um eine elektronische Auswertung der Analysendaten zu ermöglichen, haben wir einen 41-spaltigen Lochkartenschlüssel erarbeitet, in den die Daten numerisch eingetragen wurden. Die Variablen

wurden von 1 bis 15 numeriert, entsprechend Tab. 2

Spalte	Erfasste Daten	Variable-Nr.
1	Kartenart	
2 - 5	Laufende Nummer	
6	Leerstelle	
7 - 8	Alter in Jahren	1
9	Vorzeichen für sphär.Korr. rechts	
1o - 13	Sphärische Korrektur rechtes Auge	2
14 - 17	Cylindrische Korrektur rechtes Auge	3
18	Vorzeichen für sphär. Korr. links	
19 - 22	Sphärische Korrektur linkes Auge	4
23 - 26	Cylindrische Korrektur linkes Auge	5
27	Anisometropie größer als 3 dpt(prakt. Leerstelle)	
28 - 3o	Visus mit Korrektur rechtes Auge	6
31 - 33	Visus mit Korrektur linkes Auge	7
34 - 35	Grenzen der Fusionsbreite n.Divergenz(-)	8
36 - 38	Grenzen der Fusionsbreite n.Konvergenz (+) ohne Konvergenzhilfe	9
39 - 41	Grenzen der Fusionsbreite n.Konvergenz (+) mit Konvergenzhilfe	1o

Zur Auswertung wurden zusätzlich noch aufgenommen:

Die Summe von Variabler Nr.	2 u. 3	Als Variable Nr.	11
"	3 u. 5	"	12
"	6.u. 7	"	13
"	8 u. 9	"	14
"	8 u. 1o	"	15

Tab. 2:

Besonderer Dank gilt Herrn Dipl. Math. H. MARTIN für die Erstellung des Programms und Auswertung der Ergebnisse.

Die Ziffernfolge wurde auf Maschinenlochkarten übertragen und in Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrum der Universität des Saarlandes ausgewertet.

Es wurden folgende statistischen Werte ermittelt:

1.) Mittelwert($\bar{x}$),Standardabweichung (s) sowie die 3 sigma übersteigenden sog. Ausreißer

2.) Sog. " Schiefe " und " Exzeß " zur Prüfung auf Normalverteilung.

3.) Median, P25 und P75 mit der Interquartildifferenz zur Kontrolle des $\bar{x} \pm s$.

4.) t-Test zur Ermittlung der Signifikanz von Mittelwerten.

5.) Korrelationskoeffizienten (r) aller Analysendaten gegeneinander.

6.) Die zu den Korrelationskoeffizienten gehörenden Regressionsgraden $y = f(x)$ und $x = f(y)$ wurden vom Rechner direkt graphisch ausgedruckt.

E R G E B N I S S E

a) sphärische Korrektur

Die Mittelwerte für die sphärische Korrektur für beide Augen sind in Tab. 3 wiedergegeben. Die Werte liegen im Minusbereich. Das wird verständlich, da alle fehlsichtigen Wehrpflichtigen die Ambulanz der Klinik aufsuchten und Myope sich eher als fehlsichtig erkennen und erkennen lassen.

In der älteren Gruppe 2 sind die Werte näher der Emmetropie liegend, da im fortschreitenden Alter u.a. die Zahl der nicht der Fehlsichtigkeit wegen die Ambulanz aufsuchenden Patienten relativ höher ist, (t-Test IW größer als o,1) und Hyperopie nicht so leicht durch Akkommodation kompensiert wird.

Eine große Differenz zwischen der sphärischen Korrektur des rechten und linken Auges besteht erwartungsgemäß nicht. Der Korrelationskoeffizient zwischen den Regressionsgraden der Werte beider Augen beträgt r = o,9.

Kein Proband wies eine Anisometropie über 3 Dioptrien auf.

Sphärische Korrektur rechtes Auge (dpt)	$\bar{x}$	s
Gr. 1	-o,9155	1,7122
Gr. 2	-o,3855	1,3o2o
Gesamt	-o,876o	1,69o5

Sphärische Korrektur linkes Auge		
Gr. 1	-o,9o4o	1,6684
Gr. 2	-o,4295	1,356o
Gesamt	-o,8685	1,6515

Tab.3:

b) cylindrische Korrektur

Beim Vorliegen eines Astigmatismus haben wir den für die Schreibweise mit Minuscylindern geltenden Wert ermittelt. Etwa 33% der Versuchspersonen hatten einen Astigmatismus. Einen Überblick über die Höhe der cylindrischen Korrektur gibt Tab. 4. Auch die astigmatischen Korrekturwerte zeigen nur geringe Differenzen zwischen rechtem und linkem Auge.Es fällt auf, daß die Abhängigkeit nicht so deutlich ist wie bei der sphärischen Korrektur. Der Korrelationskoeffizient beträgt r = o,76. An Hand der vorliegenden Stichprobe läßt sich ein Unterschied zwischen Gr. 1 und Gr. 2 statistisch nicht sichern (t-Test :IW= kleiner als o,1%).

Cylindrische Korrektur rechtes Auge (dpt)	$\bar{x}$	s
Gr. 1	o,2187	o,4966
Gr. 2	o,187o	o,37oo
Gesamt	o,2163	o,4882

Cylindrische Korrektur linkes Auge		
Gr. 1	o,2o29	o,4751
Gr. 2	o,1575	o,3285
Gesamt	o,1995	o,4659

Tab. 4.:

c) Sehschärfe

Für unsere Probanden ergibt sich eine relativ hohe Durchschnittssehschärfe, da normales Binokularsehen gefordert wurde und die Sehschärfe des schlechteren Auges wenigstens 3o % betragen musste. Die Korrelation zwischen der Sehschärfe

des rechten und linken Auges beträgt r= o,44. Zwischen der ersten und zweiten Altersgruppe besteht kein signifikanter Unterschied (t-Test: IW = o,o5%).

Visus mit Korrektur rechtes Auge (%)	$\bar{x}$	s
Gr. 1	118,91	13,6o
Gr. 2	121,73	9,96
Gesamt	119,o3	13,35

Visus mit Korrektur linkes Auge (%)		
Gr. 1	118,75	13,33
Gr. 2	121,o2	1o,95
Gesamt	118,92	13,17

Tab. 5.:

d) Fusionsbreite

Für die Fusionsbreite ergeben sich neben dem Wert für die Fusion in die Divergenz (-) zwei Werte für die Fusion in die Konvergenz (+), da dieser Wert ja ohne und mit Konvergenzhilfe ermittelt wurde. Die Werte sind in Tab. 6 wiedergegeben. Zwischen den Mittelwerten der beiden Altersgruppen besteht kein signifikanter Unterschied. Für alle 3 Werte ergibt der t-Test eine IW kleiner als o,1%. Der Korrelationskoeffizient zwischen Alter und Fusionsleistung in die Divergenz beträgt für Gruppe 1 (Gruppe 2 in Klammern) r = o,o5 (o,18), der für die Konvergenz ohne Konvergenzhilfe r = o,o6 (o,14) und mit Konvergenzhilfe r = o,o5 (o,16). Nach unseren, für die Beantwortung dieser Frage allerdings wohl nicht sehr

geeigneten Untersuchung besteht keine Altersabhängigkeit der Fusion.

Fusionsleistung nach (-) (prdpt)	x̄	s
Gr. 1	6,14	2,35
Gr. 2	5,94	1,79
Gesamt	6,12	2,31
Fusionsleistung nach (+) ohne Fusionshilfe		
Gr. 1	11,11	5,35
Gr. 2	1o.99	3,93
Gesamt	11,1o	5,25
Fusionsleistung nach (+) mit Fusionshilfe		
Gr. 1	14.95	5,94
Gr. 2	14,8o	5,21
Gesamt	14,94	5,89

Tab. 6.:

Tab. 7 gibt als Summe der Werte von Divergenz und Konvergenz die gesamte horizontale Fusionsbreite ohne und mit Konvergenzhilfe an. Der t-Test ergibt wie bei den Einzelwerten eine IW kleiner als o,1% zwischen den beiden Altersgruppen. Der Wert der Gesamtfusionsbreite mit Konvergenzhilfe erschien uns besonders geeignet zur Ermittlung etwaiger Abhängigkeit der Fusionsbreite von der Korrektur und von Alter. Dabei ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Fusionsbreite und sphärischer oder cylindrischer Korrektur. Die Korrelationskoeffizienten betragen r = o,o8 und o,o9. Das gleiche gilt für die Sehschärfe (r = o,o4) .

Gesamte horizontale Fusionsbreite ohne Fusionshilfe (prdpt)

	$\bar{x}$	s
Gr. 1	17,24	6,17
Gr. 2	16,94	4,82
Gesamt	17,22	6,o8

Gesamte horizontale Fusionsbreite mit Fusionshilfe

Gr. 1	21.o9	6,71
Gr. 2	2o,75	5,97
Gesamt	21,o6	6,66

Tab.7:

Als Beispiel für die graphische Auswertung sind in Abb.1 und 2 die Regressionsgraden X und Y als Maß für die Abhängigkeit der Variablen Nr. 1 = Alter (x-Achse) und Nr. 15 = Gesamtfusionsbreite mit Hilfe (y-Achse) für die erste und zweite Auswertungsgruppe dargestellt. Wie aus dem Verlauf der Regressionsgraden ersichtlich, besteht für beide Altersgruppen keine nachweisbare Abhängigkeit der Fusionsbreite vom Alter. Die Korrelationskoeffizienten betragen r= -o,o6 (Gr. 1) und r = -o,18 (Gr. 2).

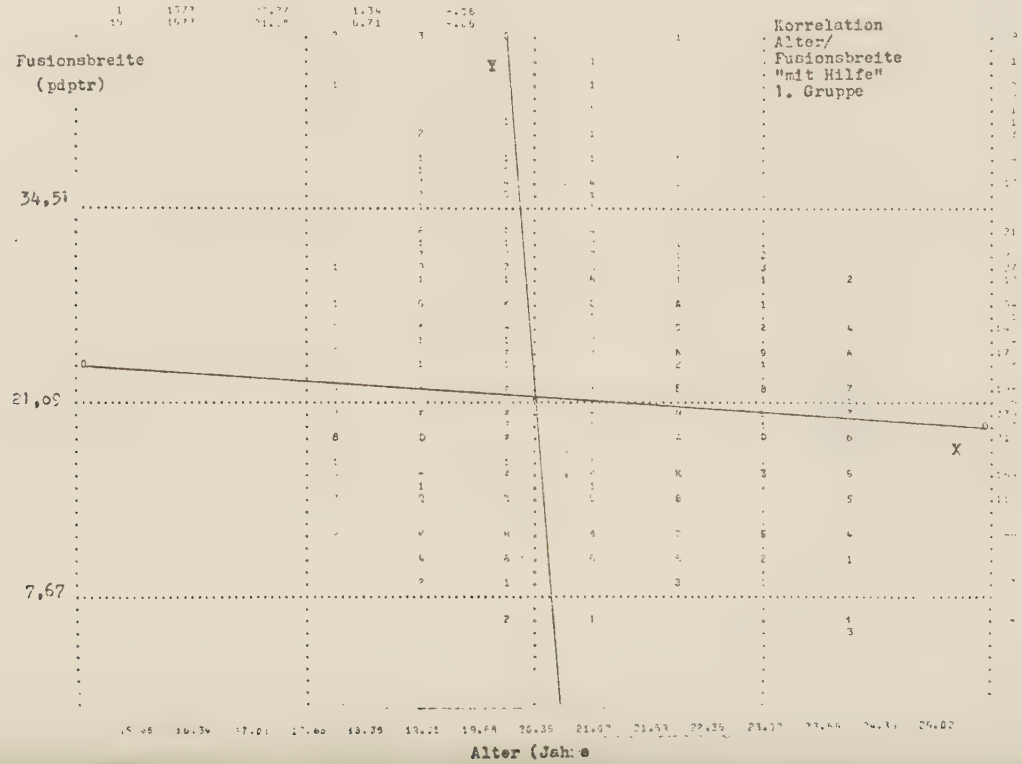
Korrelation
Alter/
Fusionsbreite
"mit Hilfe"
1. Gruppe
Fusionsbreite
(pdptr)
34,51
21,09
7,67
Y
X
Alter (Jahre

Abb.1

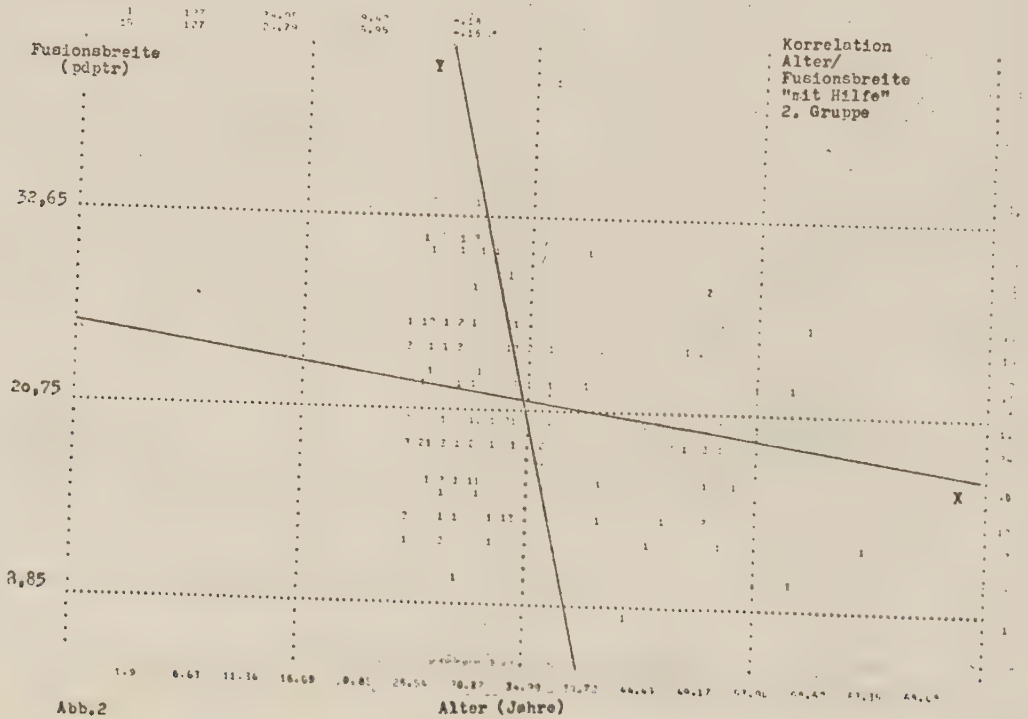
Fusionsbreite
(pdptr)
Korrelation
Alter/
Fusionsbreite
"mit Hilfe"
2. Gruppe
Y
X
32,65
20,75
8,85
Alter (Jahre)

Abb.2

Erläuterung zu den Abb. 1 und 2
Die obere Zahlenreihe bezeichnet neben der Nr. der Variablen die Anzahl der Versuchspersonen, den Mittelwert mit Streuung sowie die Korrelationskoeffizienten der Variablen.
Die Zahlenreihe rechts gibt die absolute Zahl der Versuchspersonen an die die jeweilige Fusionsbreite erreichte. Untere Zahlenreihe: Abszisse (Alter in Jahren). Linke Zahlenreihe: Ordinate (Gesamtfusionsbreite " mit Hilfe " in Prismendioptrien. Maßstab für beide Achsen (= gepunktete Linie) = 2s.
Aus technischen Gründen sind die Punkte im Koordinatenkreuz durch Zahlen (von 1 bis 9 direkt, darüberhinaus bis 35 durch die Buchstaben A bis Z, bei darüber liegenden Werten durch Symbole) als absolute Häufigkeitswerte angegeben.
Aus Abb. 1 ist z.B. ersichtlich, daß nur 9 Versuchspersonen eine die mittlere Gesamtfusionsbreite um 4s übersteigenden Wert(= ca. 48 prdpt) erreichten.

Eine Zusammenfassung der wesentlichen statistischen Werte für die erste und zweite Altersgruppe sowie für das Gesamtkollektiv findet sich im tabellarischen Anhang.

Übersicht über die wichtigsten statistischen
Ergebnisse der Variablen Nr. 1 - 15 für die
Gruppen 1 u. 2 sowie das Gesamtkollektiv (Gruppe 3)

NUMMER	MITTELWERT	STREUUNG	SCHIEFE	EXZESS
1	2.35	1.34	.89	.52
2	-91.55	171.22	-.17	1.79
3	21.87	49.66	4.05	27.97
4	-9.04	116.84	-.33	2.69
5	21.29	47.51	4.25	29.81
6	114.81	13.61	-3.71	18.70
7	119.75	13.33	-3.40	15.65
8	6.14	2.35	2.56	24.72
9	11.11	5.35	6.56	87.88
10	14.05	5.94	4.07	48.19
11	-181.95	309.68	-.24	2.16
12	42.15	71.18	3.60	21.88
13	237.57	22.87	-2.44	7.35
14	17.24	6.17	4.29	51.22
15	21.29	6.71	3.36	30.49

2TE GRUPPE

NUMMER	ANZAHL	MITTELWERT	STREUUNG	SCHIEFE	EXZESS
1	127	34.99	9.45	1.06	-.04
2	127	-38.58	136.20	-1.76	6.72
3	127	18.70	37.00	2.03	3.49
4	127	-42.95	135.66	-1.53	4.73
5	127	15.75	32.85	2.06	3.19
6	127	121.73	9.46	-3.87	16.25	
7	127	121.02	10.95	-3.52	12.47
8	127	5.04	1.79	.66	.65
9	127	10.99	3.93	.37	-.36
10	127	14.89	5.21	.66	.84
11	127	-81.54	257.32	-1.64	5.86
12	127	34.45	65.91	1.90	2.67
13	127	242.76	18.09	-3.27	11.96
14	127	16.94	4.82	.27	-.07
15	127	23.75	5.97	.46	.07

3TE GRUPPE

NUMMER	ANZAHL	MITTELWERT	STREUUNG	SCHIEFE	EXZESS
1	1700	21.44	4.81	4.65	25.37
2	1700	-87.6[illegible]	1[illegible].[illegible]5	-.25	1.85
3	1700	21.63	48.82	4.02	27.88
4	1700	-86.85	165.15	-.4[illegible]	2.64
5	1700	19.95	46.59	4.23	30.06
6	1700	119.[illegible]3	13.35	-3.75	19.10
7	1700	118.92	13.17	-3.42	15.67
8	1700	6.12	2.31	2.52	28.44
9	1700	11.10	5.25	5.92	87.31
10	1700	14.94	5.89	3.9[illegible]	46.27
11	1700	-174.45	325.84	-.31	2.22
12	1700	41.58	89.55	3.58	21.93
13	1700	237.96	22.58	-2.49	7.28
14	1700	17.22	6.08	4.16	50.38
15	1700	21.66	6.66	2.93	29.18

D I S K U S S I O N

Der Wert der Fusionsbreitenmessung zur Diagnose und Therapie der verschiedensten Störungen des Binokularsehens ist unumstritten. Bei der apparativen Messung am Synoptophor werden fast immer höhere Werte erreicht als bei der Messung im freien Raum, die Fusionsbreite zeigt auch eine deutliche Abhängigkeit von der Größe des Fusionsobjektes. Eine genaue Erklärung hierfür ist noch nicht bekannt, es wird jedoch vermutet, daß die Apparatekonvergenz und auch die induzierte Konvergenzbewegung der Haploskoparme dabei eine Rolle spielen. (DODEN)

Viele Autoren bevorzugen die Fusionsbreitenmessung im freien Raum. CÜPPERS ist der Meinung, daß diese Methode die den Verhältnissen des täglichen Lebens am nächsten kommende Untersuchungsform sei.

Auch DODEN gibt dieser Methode in Verbindung mit der Prismenleiste den Vorzug. Als Fusionsobjekt wird von ihm das zentrale Licht des Maddoxkreuzes bei normaler Umfeldbeleuchtung benützt. Vermutungen, daß im freien Raum die foveale Fusion durch die Größe des Fusionsobjektes beeinflusst wird und daß periphere Netzhauteindrücke diese sogar brechen könne (BURIAN 1936) konnten durch Untersuchungen von K.EICK nicht bestätigt werden, und wurden von BURIAN (1941 und 1947) selbst auf Fälle mit Störungen des Netzhautzentrums eingeschränkt.

Wir glauben, daß im normal erleuchteten Raum die Größe des Fusionsobjektes nicht sehr wesentlich ist, da der Proband nicht nur Seheindrücke vom eigentlichen Fixationsobjekt, sondern auch von dessen Umgebung (Leuchtfeld, Sehprobenkasten etc.) erhält. Die Dimensionen des gesamten Fusionsobjektes sind unter den vorliegenden Bedingungen sicherlich als Fusionsreiz ausreichend, trotz der durch prismatische Verzeichnung und Akkommodationsmikropsie bedingte Herabsetzung der Sehschärfe.

Die Benutzung des HERSCHEL-Prismas anstelle der Prismenleiste erbringt keine höheren Fusionswerte wie Vergleichsmessungen von DODEN und PROTONOTARIOS gezeigt haben. Die Verwendung der Prismenleiste wird als vorteilhaft angesehen, da durch kurzzeitige Unterbrechung der Fusion durch die Prismensprünge jeweils ein neuer Fusionsreiz auftrete, was den Verhältnissen des täglichen Lebens sehr nahe käme (DODEN), darüberhinaus das Auftreten von Doppelbildern als Ausdruck unzureichender Fusion besser bemerkbar ist. Wesentlich erscheint nach JAENSCH, daß keine zu großen Prismensprünge gewählt werden,da der Fusionsreiz bei weit auseinander stehenden Doppelbildern geringer sei als bei nahe beieinander stehenden. Im letzteren Falle sei es dem Ungeübten fast unmöglich, eine Vereinigung zu verhindern.
Einige Autoren (KRUSIUS, CORDS) haben Bedenken gegen die Fusionsmessungen nach (+), da die Fusion durch die physiologische Konvergenzbewegung unterstützt würde (A/CA-Ratio). Auf diese Tatsache führen sie auch die bessere Übbarkeit der Fusion nach (+) zurück (die vertikale und die Fusion nach Divergenz gelten als nur wenig schulbar) wofür die Tatsache spräche, daß wir mit Konvergenzhilfe fast immer höhere Werte nach (+) erreichen konnten.
Andere Autoren teilen diese Bedenken nicht (JAENSCH, CÜPPERS).
In dem Bestreben auch den maximal möglichen Fusionswert von Abduktion und Adduktion festzustellen (" mit Hilfe "), waren wir bemüht, durch wiederholte Messungen höhere Werte zu erreichen, besonders wenn nur geringe Fusionsleistungen erbracht wurden. Hierbei fiel uns auf,daß auch durch mehrmalige Messungen nur in Einzelfällen höhere Werte zu erreichen waren, auch hohe Fusionsleistungen wurden fast immer spontan erreicht, vorausgesetzt die Problematik war erfasst. Hierfür sprechen auch die von DODEN und PROTONOTARIOS

jeweils vorgenommenen 3 Messungen sowie die Reihenmessungen von K. EICK, die eine ausgesprochene Konstanz der Fusion bei wiederholter Messung zeigen. Auch JONKERS ist der Meinung, daß eine Steigerung der Fusionsleistung nur durch längere Übung zu erreichen ist. Nach HOFMANN und BIELSCHOWSKI ist der Höchstbetrag der Fusionsbreite durch Übung nicht merklich zu erhöhen, lediglich die Fusionseinstellung erfolge rascher.

Die in statistisch ausgewerteten Reihenuntersuchungen bestimmte objektive Refraktion des " Normalsichtigen " ist die geringe Hyperopie (MAIONE, TRON, KRONFELD, DEVNEY). Der Mittelwert für unser Patientenkollektiv liegt im Minusbereich, was durch den höheren Anteil der die Sprechstunde aufzusuchenden und unter ihren Sehbeschwerden stärker leidenden Myopen erklärt ist. Dafür spricht auch deutlich der näher zum Plusbereich liegende Mittelwert der 2. Altersgruppe. Hinsichtlich der Refraktionsverteilung handelt es sich bei unseren Probanden somit nicht um eine repräsentative Stichprobe der Normalbevölkerung. Wir fanden daher nicht das nach STENSTRÖM für die Refraktionsverteilung der Erwachsenen typische Charakteristikum des ausgeprägten positiven Exzesses (bedingt durch eine Anhäufung von Fällen innerhalb eines zentralen Gebietes sowie eine relativ große Frequenz von Extremfällen), wohingehend die Schiefe nach negativer Richtung recht genau mit den Angaben aus der Literatur übereinstimmt.(s. tabellarischer Anhang) Die Angaben für den Exzeß der Refraktionskurven schwanken zwischen + 4,789 (KRONFELD-DEVNEY)

bis + 13,1 (TRON), die für die Schiefe von - o,17 bis - o,58.

Für den Astigmatismus werden von MAIONE Prozentsätze zwischen 21 und 41 % angegeben. Der von uns ermittelte Mittelwert des Astigmatismus liegt unter den von TAIT angegebenen Werten.

Der Wert für die mittlere maximale Fusion nach (-) stimmt recht genau mit den in der Literatur angegebenen Werten überein, nicht jedoch für die Fusion nach (+). Hier liegen unsere Mittelwerte deutlich unter den bisher als Normalwert angesehenen Werten. Ausnahmen bilden die Werte von BERENS,LOSLEY u. HARDY sowie L.C. PETER und die von JONKERS angegebenen Mittelwerte. JONKERS glaubt jedoch eine deutliche Altersabhängigkeit gefunden zu haben. Wir meinen jedoch, daß bei nur 195 Probanden statistisch in dieser Hinsicht keine sichere Aussage zu machen ist. SCOBEE u. GREEN fanden keine Änderung der Fusionsbreite im Erwachsenenalter. DODEN u. PROTONOTARIOS sowie LYLE u. FINK glauben, daß die Entwicklung des Fusionsvermögens nach dem 6. Lebensjahr abgeschlossen ist.

Nach den von uns ermittelten Ergebnissen scheint offensichtlich eine Diskrepanz zwischen der zum binokularen Einfachsehen in der Nähe mathematisch-theoretisch berechneten und notwendigen und der im freien Raum empirisch messbaren Fusionsbreite nach (+) zu bestehen.

Z U S A M M E N F A S S U N G

In der vorliegenden Arbeit wurde an 1700 Versuchspersonen über 18 Jahren nach einer Unterteilung in eine Altersgruppe unter 24 und über 24 Jahre Messungen der horizontalen Fusionsbreite vorgenommen. Untersucht wurde mit der Prismenleiste im freien Raum. Die Frage war, ob die in der Literatur als Normwerte für die horizontale Fusionsbreite angegebenen Werte sich an einem größeren Kollektiv bestätigen ließen. Für die Fusionsbreite in die Divergenz traf dies zu, für die Fusionsbreite in die Konvergenz lagen die von uns ermittelten Werte in Übereinstimmung mit den Autoren BERENS, LOSLEY, HARDY, PETERS und JONKERS erheblich unter den bisher als Normwerte angesehenen Werten. Eine Altersabhängigkeit der Fusionsbreite konnte nicht gefunden werden, ebenso fand sich keine statistisch signifikante Abhängigkeit von der Refraktion und der Sehschärfe.

L I T E R A T U R

1. BANISTER,A. — A contribution to the study of the dynamics of the ocular muscles
Annales of ophthalm.(1898).

2. BERENS,C. — N.Y.Clin.Ophthal.meeting
ref.in Am.J.Ophthal.
30,485 (1947)

3. BETHE,A. — Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie
1o6o,1o74 ff (1931)

4. BIELSCHOWSKI,A. — Untersuchungen über das Sehen der Schielenden
Arch.Augenheilkunde 5o
4o6-51o (19oo)

" — Störungen der Fusion und deren Behandlung
Arch.Augenheilk.92,117-126(1923)

5. BURIAN,H.M. — Fusional Movements
Arch.Ophthal.21, 486-491 (1939)

" — Fusional Movements in Permanent Strabismus
Arch.Ophthal. 26,626-65o (1941)

" — The Place of peripheral Fusion in Orthoptics
Am.J.Ophth.3o,1oo5-1o1o(1947)

6. CORDS,R. — Die Fusion und der Fusionszwang
Kurzes Handbuch der Ophthalmologie III,459-465 (193o)

7. CÜPPERS,C. Grenzen und Möglichkeiten der pleoptischen Therapie Klin.Mbl.Augenheilk. 38, 33 (1961)

8. DODEN,W. Die Untersuchung Schielender Bücherei des Augenarztes 38,68-115 (1961)

9. DODEN,W. u. PROTONOTARIOS,P.N. Über Anamnese und Augenfunktion gesunder Kinder Klin.Mbl.Augenheilk. 136 459-475 (1960)

10. DONDERS,F.C. Über den Zusammenhang zwischen dem Konvergieren der Sehachsen und den Akkommodationszustande der Augen Holländ.Beiträge zu den anat. u. physiol.Wiss.1,379-383 (1948)

11. EICK,K. Über die Beeinflußbarkeit der Fusionsbreite durch periphere Netzhautreize und ihre Abhängigkeit von der Bildgröße Inauguraldissertation Saarbrücken(1970)

12. FINK,W.H. zit.in DODEN u. PROTONOTARIOS: Über Anamnese und Augenfunktion gesunder Kinder Klin.Mbl. 136,459-475(1960)

13. GRAEFE,V.A. Beiträge zur Lehre vom Schielen und von der Schieloperation Arch.Ophthal.3,I,251-276 (1857)

14. GRAEFE,A. Motilitätsstörungen
Graefe-Saemisch Handb.
Augenheilk.6,IV,1-84(188o)

15. GRAEFE,A. Über die Störungen des Gemeinschaftlichen Sehens
Dtsch.Klinik 1o,82-84 (1858)

16. GRAEFE,V.A. Über muskuläre Asthenopie
Arch.Ophthal.8,II,314-367(1862)

17. GRAEFE,A. Über die Einstellungen der Augen bei Unterbrechung des binokularen Sehens
Albrecht v. Graefes Arch.Ophthal.
35, I,137-146 (1889)

" Noch einmal "Die Konvergenzfaktoren"
Albrecht v. GRAEFES Arch.Ophthal.
35,IV,332-338 (1889)

" Über die Fusionsbewegungen der Augen beim Prismaversuch
Albrecht v.Graefes Arch.Ophthal.
37,I,243-257 (1891)

18. HAMBURGER,F.A. Stellungsanomalien
Der Augenarzt III,824-946
Thieme Stuttgart (196o)

19. HARDY,L.C. Investigations of visual space
Arch.Ophthal.42,551-561 (1949)

2o. HELMHOLTZ,H. Physiologische Optik (1896)

" Die Augenbewegungen
Handb.Physiol.Optik
III, 34 -1o5 (191o)

21. HERING,E. Vom Binokularen Tiefensehen
Beitr.z.Physiol.5,287-347
(1846)

" Die Lehre vom binokularen Sehen
Leipzig(1886)

" Über die Rollung des Auges
um die Gesichtslinie
Arch.Ophthal. 15 ,1-16(1869)

" Der Raumsinn und die Bewegungen
des Auges
Hermans Handb.der Physiol.
65,559-605 (1897)

22. HOFMANN,F.B. u. BIELSCHOWSKI,A. Fusionsbewegungen der Augen
Pflügers Arch.ges.Physiol.
80, 1-39(1900)

" Physiol.-Optik
Augenbewegungen
Graefe-Saemisch Handb.Augenheilk.
3,II 259-350 (1925)

23. JAENSCH,P.A. Fusionsstörungen, Horror fusionis
und Konvergenzspasmen
Klin.Mbl.Augenheilk. 111,142-149
(1945-46)

" Diagnose und Therapie des Schielens
Bücherei des Augenarztes
Enke,Stuttgart (1954)

24. JAENSCH,P.A. Diskussionsbeitrag zu Protono-
tarios:
Binokulare Funktion gesunder
Kinder.
Klin.Mbl.Augenheilk.133,433(1958)

25. JONKERS,G.H. — Ergebnisse der orthoptischen Behandlung von dekompensierten Phorien. Klin.Mbl.Augenheilk. 136, 449-459 (1960)

26. KRONFELD,P.C. — v.Graefes Arch.126,495(1931)

27. KRUSIUS,F. — Zur Analyse und Messung der Fusionsbreite. Arch.Augenheilk. 61,204-251 (1908)

28. LYLE,T.K. u. BRIDGEMAN,G.J.O. — Baillère, Worth and Chavasses Squint. Tindall and Cox 9.Edition,London(1959)

29. LYLE,T.K. u. JACKSON — Praktische Orthoptik in der Behandlung des Schielens. Urban u. Schwarzenberg(1957)

30. LOSLEY,G. — zit. in Mellik,A.:Convergence. An investigation into the normal standards of age groups. Brit.J.Ophthal.33,755 (1949)

31. MELLIK,A. — Convergence.An investigation into the normal standards of age groups. Brit.J.Ophthal.33,755 (1949)

32. MAIONE,M. — Ann.ottal.83,194(1956) zit.in: Tabulae Biologicae Vol XXII, Pars 3 W. Junk,s'Gravenhage (1963)

33. MEYER,H. — zit. in Cords: Kurzes Handbuch der Ophthalmologie III,459-465(1930)

34. NAGEL,A. — Das Sehen mit zwei Augen. Leipzig u. Heidelberg(1861)

	NAGEL,A.	Über das Vorkommen von wahren Rollungen des Auges um die Gesichtslinie Arch.Ophthal.14,II,228-246(1860)
	"	Die optische Einstellung des Auges und ihre Verbindung mit der binokularen Fixation Graefe-Saemisch Handb.Augenheilk.6,IV,446-503(1880)
35.	NAGEL,W.	Ungewöhnliche Augenbewegungen Handb.Physiol.3,321-323(1904)
36.	PETER,C.	zit.in Mellik: Brit.J.Ophthal.33,755(1949)
37.	ROLLET,E.	zit. in Cords: Kurzes Handbuch d.Ophthal. III,459-465 (1930)
38.	SCOBEE,G.R.	4.Congr.panam.oftalm. I,83(1952)
39.	SCOBEE,G.R. u. GREEN,E.L.	Tests for Heterophoria Am.J.Ophthal.30,436-541(1947)
	"	Relationship between lateral Heterophoria,Prismvergence and the Nearpoint of Convergence Am.J.Ophthal.34,404- 404(1951)
40.	STENSTRÖM,S.	Untersuchungen über die Variation und Kovariation der optischen Elemente des menschlichen Auges Acta Ophthalmologica Suppl.26 (1946)
41.	TAIT,E.F.	Fusional vergence Am.J.Ophthal. 31,1318-1325(1948)

42. TRON,E.I. v.Graefes Arch.132,265(1948)
zit. in:Tabulae Biologicae
Vol.XXII,Pars 3
W.Junk, s`Gravenhage(1963)

L E B E N S L A U F

Ich wurde am 12. September 1941 als Sohn des Röntgenprüfers Rudolf Hett und seiner Ehefrau Thekla geb. Kopietz in Oberhausen/RHLD geboren.
Von 1948 - 1952 besuchte ich die Volksschule in Oberhausen. Nach Besuch der Staatlichen Gymnasien in Oberhausen und Mülheim-Ruhr legte ich im Februar 1962 die Reifeprüfung ab.

Im Sommersemester 1962 begann ich an der medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes mit dem Studium der Medizin. Mit Ausnahme des Wintersemesters 1965, in dem ich in Innsbruck studierte, verblieb ich an der Universität des Saarlandes, wo ich am o6.August 1968 die ärztliche Prüfung bestand.
Die Approbation erhielt ich am o2.o1.197o.
Von August 197o bis März 1972 leistete ich auf der Augenabteilung des Bundeswehrzentralkrankenhauses in Koblenz meinen Wehrdienst ab. Seit dem o1. April 1972 bin ich an der Augenheilanstalt der Stadt Mülheim-Ruhr beschäftigt.

Herrn Prof. Dr. med. G. ANDREE danke ich für die freundliche Überlassung des Themas und die Unterstützung zur Fertigstellung dieser Arbeit.